



TUULIVOIMALOIDEN JÄÄHDYTYS- JÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITO

Kalle Jalonen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2013
Paperitekniiikan koulutusoh-
jelma
International pulp & paper
technology

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Paperitekniikan koulutusohjelma
International pulp & paper technology

KALLE JALONEN:

Tuulivoimaloiden jäähdytysjärjestelmien kunnossapito

Opinnäytetyö 21 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Tammikuu 2013

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa työn teettäjäyritykselle tuulivoimaloiden jäähdytysjärjestelmien kirjallinen huolto-ohje, jota aiemmin ei ollut, sekä mahdollisuuksien mukaan kehittää huoltotoimenpiteitä.

Tämä on opinnäytetyön julkinen versio, jossa ei ole esitetty työn sisältämää luottamuksellista tietoa.

Asiasanat: tuulivoima, tuulivoimala, jäähdytysjärjestelmä, glykoli

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Paper technology
International pulp & paper technology

KALLE JALONEN:
Wind Turbine Cooling System Maintenance

Bachelor's thesis 21 pages, appendices 0 pages
January 2013

The purpose of this final thesis was to create a written maintenance instruction, which did not exist before, for these wind turbine cooling system cleanings and cooling liquid changes. Other goal was also to develop this maintenance method.

This is the public version of the thesis which does not include confidential information.

Key words: wind power, wind turbine, cooling system, glycol

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YHTEISTYÖYRITYKSET	7
	2.1. KL-Lämpö Oy.....	7
3	TIETOA TUULIVOIMASTA	8
	3.1. Yleistä	8
	3.2. Miksi tuulivoimaa?	8
	3.3. Kritiikki.....	8
	3.4. Tuulivoima Suomessa.....	10
4	TUULIVOIMALOIDEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN PUHDISTUKSET	12
	4.1. Järjestelmät	12
	4.2. Lämmönsiirtoneste (propyleeniglykoli-vesi-liuos).....	13
5	POHDINTA.....	18
	LÄHTEET	20

LYHENTEET JA TERMIT

glykoli	lämmönsiirtonesteenä käytettävä alkoholi, jolla on hyvät pakkasenkesto-ominaisuudet
MEG	monoetyleeniglykoli
MPG	propyleeniglykoli
inhibiitti	jäähdytysjärjestelmän suoja-aine, jonka tehtävänä on estää tai pikemminkin hidastaa korroosiota
naselli	tuulivoimalan konehuone, jossa sijaitsee roottori

1 JOHDANTO

Tuulivoima on jo nyt valtavalla vauhdilla kasvava, mutta ennen kaikkea tulevaisuuden uusiutuva energiantuotantomuoto. Kasvu on lähtenyt jopa odotettua voimakkaammin käyntiin, sillä globaali huoli ilmastonmuutoksesta on saanut ihmiset ja yhteisöt kiinnostumaan uusiutuvista energianlähteistä.

Tuulivoimalassa tarvitaan jäähdytystä kahdessa eri järjestelmässä, eli generaattorin ja taajuusmuuttajien jäähdytyksessä. Generaattori voi teknisestä ratkaisusta riippuen olla ilmajäähdytteinen, mutta taajuusmuuttajat ovat käytännössä aina nestejäähdytteisiä ja tarvitsevat näin ollen myös jäähdytysjärjestelmien ja jäähdytysnesteiden jatkuvaa seurantaa ja tarvittaessa huoltotoimenpiteitä.

KL-Lämpö Oy on suorittanut jäähdytysjärjestelmien puhdistuksia sekä jäähdytysnesteiden vaihtoja nyt muutaman vuoden ajan. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli rakentaa näille jäähdytysjärjestelmille tarkka huolto-ohje, jota aiemmin ei ollut, sekä mahdollisuuksien mukaan kehittää huoltotoimenpiteitä.

Opinnäytetyö jakaantuu kahteen osaan: teoriaosaan sekä kokeelliseen osaan. Teoriaosuudessa kerrotaan jäähdytysjärjestelmistä sekä jäähdytysnesteistä ja puhdistusmekanismeista tarkemmin ja muuten tuulivoimatekniikasta sekä tuotantotavasta lyhyesti. Teoriaosuudesta selviää myös, miten huoltotoimenpiteet ovat vaikuttaneet voimaloiden toimintaan.

Kokeellista osuutta varten tehtiin huoltotoimenpiteet yhteensä 15 tuulivoimalaan. Tämän rupeaman pohjalta dokumentoitiin tarkasti koko jäähdytysjärjestelmien huolto-operaatio ja myös kehitettiin sitä. Tuloksena on täydellinen huolto-ohje järjestelmien huoltoja suorittaville asentajille.

2 YHTEISTYÖYRITYKSET

2.1. KL-Lämpö Oy

Tämä opinnäytetyö tehtiin KL-Lämpö Oy:n tarpeisiin. Yritys on erikoistunut energiaa säästävään vedenkäsittelyyn, ja yhtenä uutena osana sitä tuulivoimaloiden jäähdytysjärjestelmien puhdistuksiin. Yritys on perustettu vuonna 1993. Se toimii koko Suomen sekä joidenkin lähivaltioiden alueilla Pirkkalasta käsin, ja työllistää tällä hetkellä 35 henkilöä.

Muita KL-Lämmön toimittamia tuulivoimaloihin liittyviä palveluita ovat kemikaalien valmistus, kiertonesteanalysoinnit, endoskooppikuvaukset, järjestelmien nestetäytöt hyväksytyllä korroosiosuojauksella varustetulla glykoliliuoksella, huoltoraportoinnit sekä käytetyn glykolin kierrätyspalvelut.

Tässä opinnäytetyössä on kuvattu tarkasti yrityksen suorittamat tuulivoimaloiden jäähdytysjärjestelmien puhdistus- ja nestevaihtotyöt työohjeena sekä kerrottu tarkemmin toimenpiteiden hyödyistä.

3 TIETOA TUULIVOIMASTA

3.1. Yleistä

Tuulivoima perustuu tuuleen, joka puolestaan perustuu auringon säteilyyn ja johtuu suoremmin ilmaistuna maan pyörimisliikkeestä sekä lämpötilaeroista. Tällä hetkellä maailman suurin tuulivoimalavalmistaja on tanskalainen Vestas, jonka markkinaosuus on noin 23 %. Yhdysvallat oli pitkään maailman suurin tuulivoiman tuottaja, mutta Kiina ohitti sen vuonna 2012: Kiinan tuulivoiman tuotantokapasiteetti on nyt 52 500 MW, mikä vastaa 50 ydinreaktoria. (Suomen tuulivoimayhdistys ry:n sivusto 2012)

3.2. Miksi tuulivoimaa?

Tuulivoima on jo nyt valtavalla vauhdilla kasvava, mutta ennen kaikkea tulevaisuuden uusiutuva energiantuotantomuoto. Kasvu on lähtenyt jopa odotettua voimakkaammin käyntiin, sillä globaali huoli ilmastonmuutoksesta on saanut ihmiset ja yhteisöt kiinnostumaan uusiutuvista energianlähteistä. Kasvupotentiaalin kannalta tuulivoima päihittää esimerkiksi vesivoiman: joet on jo suurilta osin valjastettu energiantuotantoon, mutta tuulivoimalle otollisista paikoista vain murto-osa on käytössä.

Tuuli on energianlähteenä loputon. On arvioitu, että tuulivoimaloilla hyödynnettävissä olevat tuulienergiavarat (tuulienergiapotentiaali) ovat yli 40-kertaiset koko maailman sähkönkulutukseen verrattuna. Tuulivoiman teknisesti hyödynnettävissä oleva vuosituotanto on noin 53 000 TWh, ja tämä määrä on myös moninkertainen koko maailman energiakulutukseen verrattuna. (Tuulivoimatieto-sivusto 2009. Miksi tuulivoimaa?)

3.3. Kritiikki

Useat yhdistykset ja yksityiset tahot esittävät jatkuvaa kritiikkiä tuulivoimaa kohtaan. Tuulienergia on näiden mielestä liian epävarmaa ja tehotonta sekä kallista tuottaa. Se myös kiistanalaisesti aiheuttaa meluhaittoja, rumentaa luontoa eikä ole todellisuudessa sen ympäristöystävällisempää kuin muutkaan energiantuotantomuodot. Tuulivoiman on

myös väitetty aiheuttavan suhteettoman paljon kuolemaan johtavia onnettomuuksia ja työtapaturmia sekä erilaisia konkreettisia ympäristöongelmia. (Gipe, P. 2012)

Ongelmana on, että kritiikin taustalla ei aina välttämättä ole suoraan lähteessä esitetty taho, ja vaikka olisikin, tulee siihen suhtautua lukijana kriittisesti. Tuulivoima kasvaa energiantuotantomuodoista ylivoimaisesti nopeimmin ja syö samalla uusiutumattomista energianlähteistä tuotetun energian osuutta markkinoilla. On siis ymmärrettävää, että myös perättömiä väitteitä esitetään.

3.4. Tuulivoima Suomessa

Suomessa tavoite on kasvattaa uusiutuvasti tuotetun energian (eritoten tuulivoimalla) määrää vuoteen 2020 mennessä nykyisestä 28 prosentista 38 prosentiin. Kasvutavoite on merkittävä: vuonna 2011 tuulivoimalla katettiin Suomessa 0,6 % energiankulutuksesta. Vaikkei tuulivoimaloita tällä hetkellä Suomessa liiaksi näykään, tulevaisuudessa tilanne on toinen. Vuoden 2012 elokuussa Suomessa oli 145 voimalaa, joiden yhteenlaskettu teho on 234 megawattia. Vuoteen 2020 mennessä tavoite on nostaa luku arvoon 2000 MW. Rakentamishankkeita on käynnissä tai vireillä yli 700 voimalan verran, ja niiden kaikkien toteutuessa tuotantoa olisi yli 13 000 MW. Suomen tuulivoimapotentiaali riittäisi kattamaan koko maan sähköenergiatarpeen. (Suomen Tuulivoimayhdistys ry:n sivusto 2009. Teollinen tuulivoima)

Suomessa, kuten muuallakin, tuulivoima on kohdannut jonkin verran aiheellista, mutta myös katteetonta skeptisyyttä. Yleinen mielipide esimerkiksi on, ettei Suomi ole kyllin tuulinen paikka tuulivoiman kannattavuuden kannalta. Totuus kuitenkin on, että Suomen tuuliolosuhteet ovat vastaavat kuin Ruotsissa ja paremmat kuin esimerkiksi Saksan sisämaassa, jossa tuulivoimaa on paljon. Harhaluulo selittyy sillä, että ihmisen havaitsema tuuli puhaltaa noin kahden metrin korkeudella maatasosta, kun taas tuulivoimalan roottori sijaitsee yleensä yli sadassa metrissä, jossa tuulee huomattavasti voimakkaammin. Toinen väärä mielikuva on se, ettei talvella tuulisi: kesään verrattuna voimalat tuottavat energiaa kaksinkertaisesti talvella. (Tuulivoimatieto-sivusto 2009. Tuulivoima Suomessa ja maailmalla)

Tämän paikallisen hyväksyttävyyden lisäksi tuulivoiman lisärakentaminen kohtaa muunkinlaisia ongelmia Suomessa. Näitä ovat esimerkiksi lentoreittien asettamat rajoitukset sekä puolustusvoimien tutkia mahdollisesti häiritseville alueille rakentaminen. Tuulivoimarakentaminen vaatii myös melko pitkän käsittelyn viranomaistahoilta. (Tarasti L. 2012)

Suomessa ns. energiatukea voidaan myöntää valtionavustuksena sellaisiin hankkeisiin, joilla kehitetään energiataloutta ympäristömyönteisemmäksi, edistetään uuden teknologian käyttöönottoa sekä lisätään energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta. Tuulivoimalle on maksettu energiatukea maksimissaan 40 % investointikustannuksista. Käytännössä osuus on ollut usein vähemmän, noin 30-35 %. Varsinaisia valtiontukia ovat

sähköntuotannolle maksettavat verotuet sekä energiavaltaisten yritysten veronpalautukset. Vuoden 2003 alusta lähtien myös tuulivoimaa on tuettu niillä. Tuulivoimalla tuotetusta energiasta maksetaan tukea 0,69 senttiä kilowattitunnilta. Tällöin puhutaan syöttötariffista eli sähkön takuuhinnasta, jonka kautta voimala voi saada tukea 12 vuoden ajan (Tuulivoimatieto-sivusto 2009. Tuet Suomessa)

4 TUULIVOIMALOIDEN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄT JA NIIDEN PUHDISTUKSET

4.1. Järjestelmät

Tuulivoimalassa tarvitaan jäähdytystä kahdessa eri järjestelmässä, eli generaattorin ja taajuusmuuttajien jäähdytyksessä. Erilaisia ratkaisuja löytyy kuitenkin useita. Kaikki jäähdytysjärjestelmät saattavat sijaita ylhäällä konehuoneessa, tai sitten taajuusmuuttajat jäähdytysjärjestelmineen voidaan sijoittaa maatasolle omaan rakennukseensa, jolloin ne ovat helpommin huollettavissa. Taajuusmuuttajat voivat sijaita myös voimalan rungon alaosassa maatasolla lauhduttimien sijaitessa samalla tasolla tornin ulkopuolella. Näissä tapauksissa generaattori on usein ilmajäähdytteinen. Näiden ratkaisujen lisäksi löytyy vielä muitakin toteutustapoja.

Taajuusmuuttajat ovat kuitenkin käytännössä aina nestejäähdytteisiä ja tarvitsevat näin ollen myös jäähdytysjärjestelmien ja jäähdytysnesteiden jatkuvaa seurantaa ja tarvittaessa huoltotoimenpiteitä.

Tavallisessa kiinteistön jäähdytysjärjestelmässä käytettävän jäähdytysnesteiden käyttöiäksi on laskettu muutamia vuosia. Tämä on hyvä vertailukohta tuulivoimalassa käytettävälle nesteelle. Normaalissa putkiverkossa nesteen kiertonopeudeksi voidaan arvioida noin 2 m/s, mutta tuulivoimalassa se voi olla jopa 8-12 m/s. Tämä tarkoittaa sitä, että nopeasti liikkuva neste muodostaa helposti kuplia, jotka heikentävät jäähdytyskykyä ja aiheuttavat myös korroosiota. Nesteen suuri kiertonopeus tarkoittaa myös sitä, että järjestelmä on suuren rasituksen alaisena, ennen kaikkea pehmeästä alumiinista valmistetuista osistaan. Kun otetaan huomioon vielä se, että jos tuulivoimaloissa käytetään propyleeniglykoliliuosta tavanomaisen monoetyleeniglykoliliuoksen sijasta, voi kolmen vuoden käyttöikä olla suorastaan optimistisen pitkä.

Ensimmäiset jäähdytinnesteet pumpataan yleensä jo voimalan valmistusvaiheessa jäähdytysjärjestelmiin. Kuten autoissa, tuulivoimaloissa käytetään jäähdytysnesteinä glykolia, ja voimaloissa tarkemmin sanoen propyleeniglykoli-vesi-liuosta. Voimalan käyttöiäksi arvioidaan yleensä 20 vuotta, mutta glykolit vanhenevat vaihtokuntoon usein vain muutaman vuoden kuluessa. Tämä tarkoittaa sitä, että glykoliliuos menettää jääh-

dytystehoaan niin merkittävästi, ettei jäähdytys ole enää välttämättä riittävää. Liuos irrottaa järjestelmistä epäpuhtauksia ja saattaa aiheuttaa voimalalle liiasta lämpenemisestä johtuvia käyttökatkoksia tai jopa vaurioita.

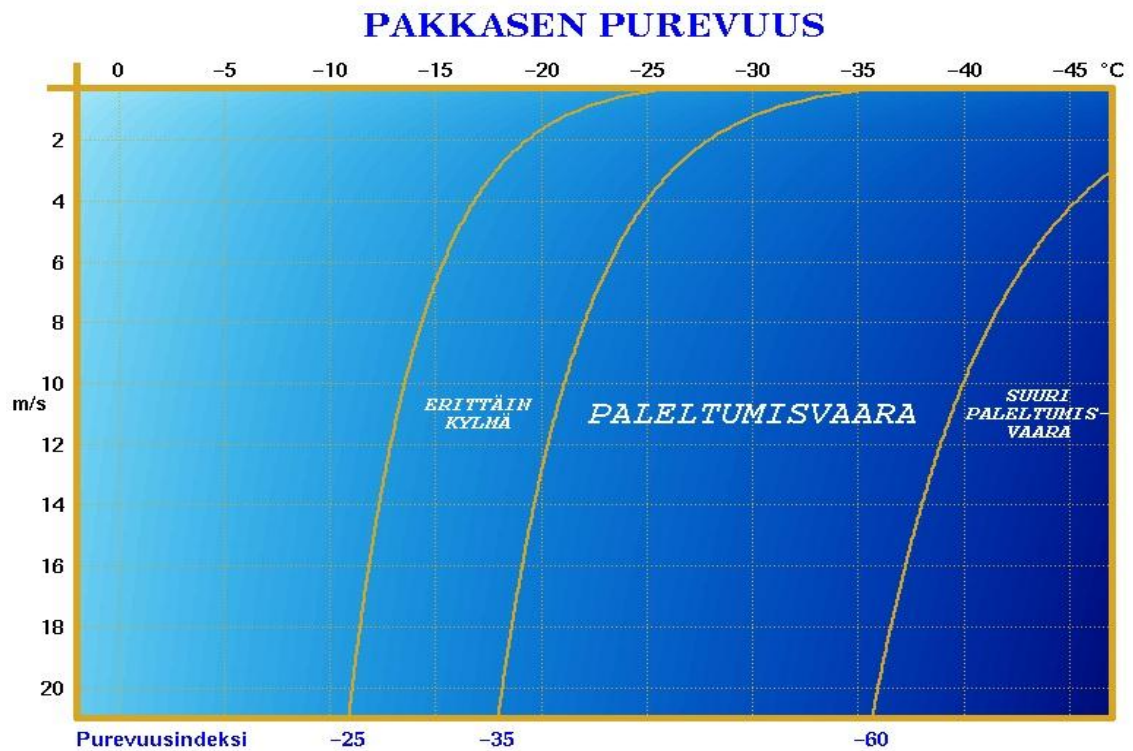
Käyttökatkokset tulevat voimalan omistajalle hyvin kalliiksi. Hukka-aika energiantuotannossa on tietenkin kallista, mutta asiaa pitää ajatella laajemmin. Häiriöstä pysähtynyt voimala vaatii aina ylimääräisen ja kalliin huoltokäynnin. Pahimmassa tapauksessa pilaantunut jäähdytysneste rikkoo joitakin järjestelmän kalliita komponentteja. Varasavarastoa täytyy myös pitää yllä pidettynä.

4.2. Lämmönsiirtoneste (propyleeniglykoli-vesi-liuos)

Propyleeniglykoliliuos on yleisesti tuulivoimaloiden jäähdytysjärjestelmissä käytettävä varsinainen lämmönsiirtoneste eli jäähdytinneste. Glykolia käytetään lämmönsiirtonesteen jäätyksen estämiseksi, ja se siis on lämmönsiirtokyvyltään huomattavasti huonompaa kuin vesi. 50% propyleeniglykoliliuoksen jäätympiste on noin -37°C .

Kun tavallisissa kiinteistöissä käytetään yleisesti vain 30-40% liuosta (30% liuoksen jäätympiste noin -14°C), täytyy tuulivoimalassa käyttää hieman vahvempaa liuosta. Tämä johtuu siitä, että tuulivoimalat sijaitsevat järkipärisesti sääolosuhteiltaan tuulisisa ja avoimissa, mutta kylmissä paikoissa. Pohjoismaissa sääolosuhteet ovat käytännössä joka paikassa kylmät. Pitää myös huomioda se, että tuulivoimalan naselli sijaitsee usein noin sadan metrin korkeudessa, jossa myös tuulee voimakkaammin kuin maatasolla. Tuulen voimakkuus kylmentää pakkasolosuhteita merkittävästi.

Esimerkiksi tuulen nopeuden ollessa 10 m/s, -10°C lämpötila vastaa $-20,4^{\circ}\text{C}$ lämpötilaa todellisuudessa. Alla asiaa havainnollistaa kuvio 1.



KUVIO 1. Pakkasen purevuus. (Ilmatieteen laitos 2012)

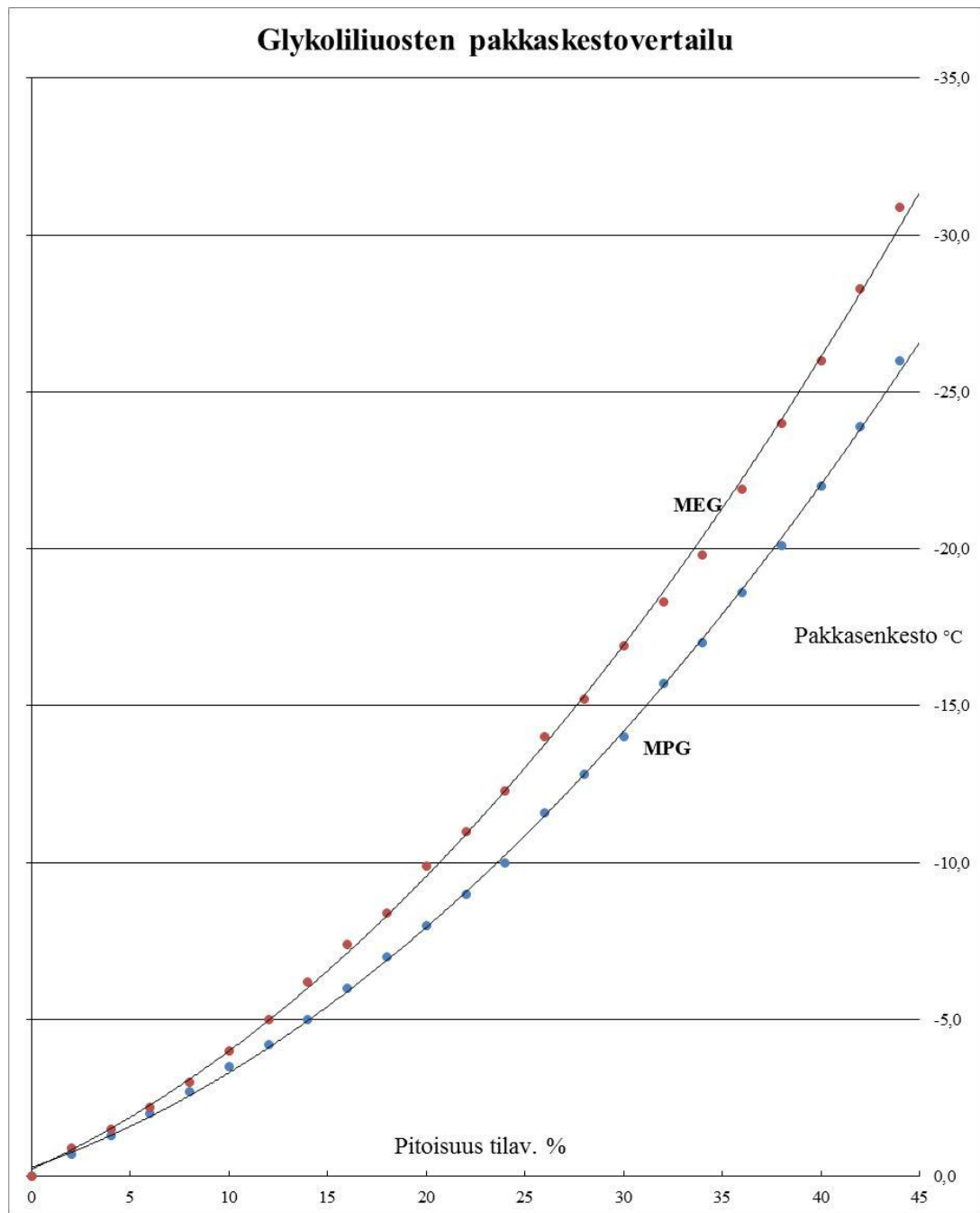
Käytettävissä glykoliliuoksissa on myös suoja-ainetta eli inhibiittoria, jonka tarkoituksena on hidastaa kemiallisia reaktioita järjestelmässä, toisin sanoen estää tai paremmin hidastaa korroosiota. Kutakin inhibiittoria käytetään sen oman annosteluohjeen mukaisesti. Tyypillisesti annostelumäärät ovat pieniä (1-5%).

Glykolipitoisuuden mittaamiseen käytetään refraktometriä eli taitekerroinmittaria. Tiettyä taitekertoimen arvoa vastaa tietty glykolipitoisuus. Mittarin maksimiarvo taitekerroimelle on 30. Pitoisuus korreloi taitekerroimen kanssa taulukon 1 mukaisesti.

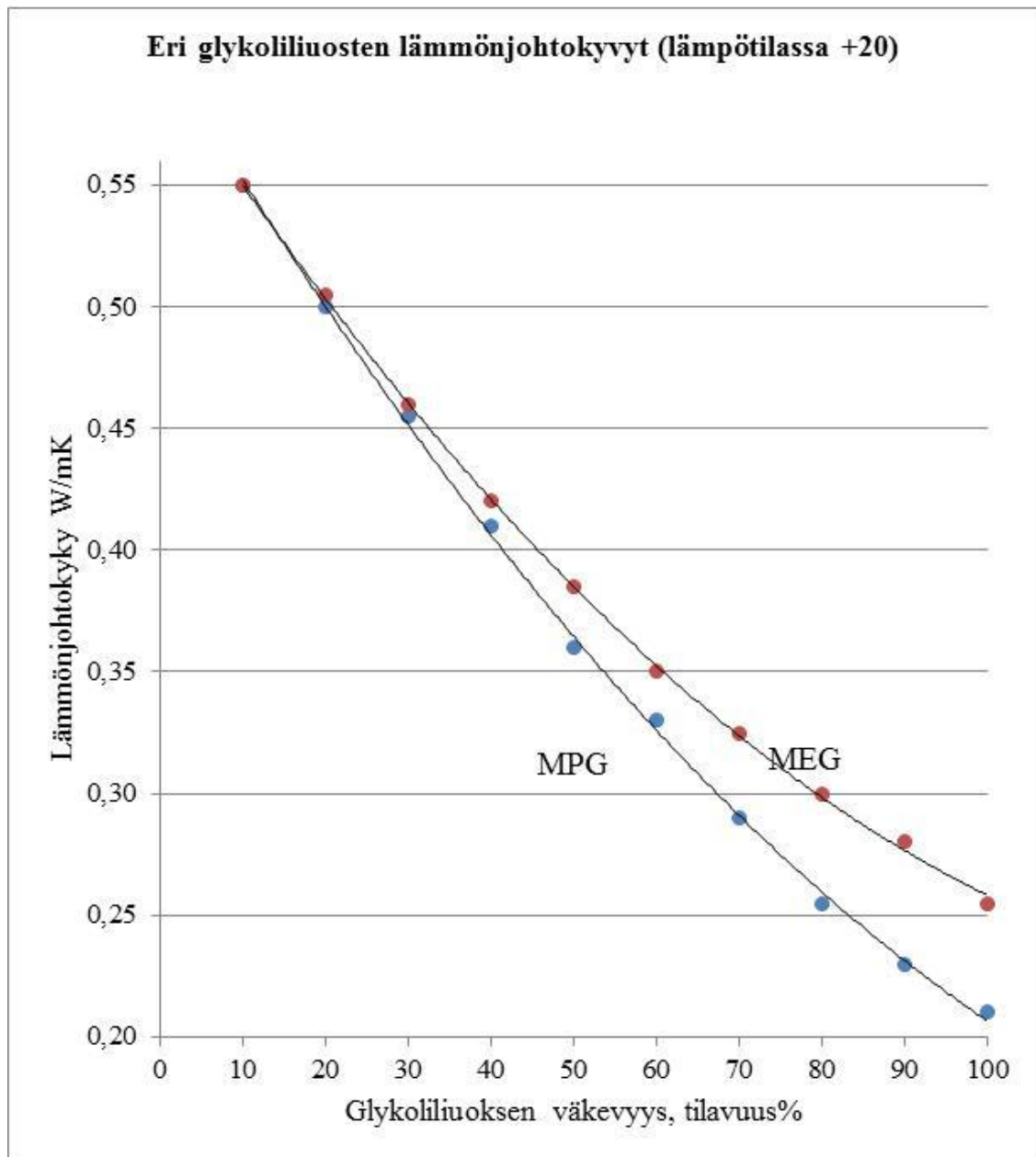
TAULUKKO 1. Taitekerroin pitoisuutena glykoliliuoksissa. (KL-Lämpö 1999. Glykoliliuosten pitoisuuksien suhde taitekertoimeen)

Propyleeniglykoli		Monoetyleeniglykoli	
<i>Refraktometr. lukema</i>	<i>Pitoisuus tilav.-%</i>	<i>Refraktometr. lukema</i>	<i>Pitoisuus tilav.-%</i>
0,1	0	0,3	0
1,6	2	1,6	2
3,0	4	3,0	4
4,4	6	4,3	6
5,8	8	5,6	8
7,2	10	6,9	10
8,7	12	8,2	12
10,1	14	9,6	14
11,5	16	10,9	16
12,9	18	12,2	18
14,3	20	13,5	20
15,8	22	14,8	22
17,2	24	16,1	24
18,6	26	17,5	26
20,0	28	18,8	28
21,4	30	20,1	30
22,9	32	21,4	32
24,3	34	22,7	34
25,7	36	24,1	36
27,1	38	25,4	38
28,5	40	26,7	40
30,0	42	28,0	42
31,4	44	29,3	44

Tavallisimmin jäähdytysjärjestelmissä (esim. kiinteistöt) käytetään monoetyleeniglykolia (MEG). Se on propyleeniglykolia edullisempaa ja pakkaskestoltaan parempaa. Esimerkiksi 40% MEG-liuoksen pakkaskesto on -26°C, kun yhtä vahvalla propyleeniglykoliliuoksella se on vain -22°C (kuvio 2). Myös lämmönsiirto-ominaisuudet ovat MEG:llä paremmat, mikä selviää kuviosta 3. Viskositeetti vaikuttaa paljon laitteistojen suunnittelussa: propyleeniglykoli on nimittäin jopa kaksi kertaa viskoottisempaa kuin monoetyleeniglykoli. Tästä johtuen järjestelmän pumpput tulee yhtä hyvän lämmönsiirron saavuttamiseksi mitoittaa kaksi kertaa tehokkaammiksi. (Chem-Aqua 2011)



KUVIO 2. Glykoliliuosten pakkaskestovertailu. (Nieminen 2004.)



KUVIO 3. Eri glykoliliuosten lämmönjohtokyvyt (KL-Lämpö 1999. Etyleeniglykoli tai Propyleeniglykoli / Vesi-liuoksen lämmönjohtokyky W/mK.)

5 POHDINTA

Itse opinnäytetyöprojekti alkoi syksyllä 2012 työmenetelmään tutustumisella sekä myöhemmin käytännön suorittamisella. Töistä kertyi lopulta kokemusta 15 voimalan verran. Työtä varten kerättiin jatkuvasti tietoa ja käytiin paljon palaveritasolla läpi tärkeitä asioita. Sen lisäksi, että työn tuloksena syntyi huolto-ohje sangen monimutkaista jäähdytysjärjestelmähuoltoa varten, KL-Lämpö Oy sai samalla koulutettua uusia työntekijöitä alati kasvavalle tuulivoimasektorilleen. Tämän opinnäytetyön antia tullaan yhtiössä käyttämään myös markkinointitarkoituksiin.

Järjestelmien puhdistus- ja nestevaihtomenetelmä on siis nyt dokumentoitu ja sitä on myös edelleen kehitetty. Menetelmä on monelle tuulivoimalavalmistajalle varmasti tervetullut, sillä tuulivoimalan jäähdytysjärjestelmien huollot ovat muilla tavoilla osoittautuneet aikaa vieviksi ja raskaiksi sekä myös kustannuksiltaan kalliiksi.

Tuulivoima on tällä hetkellä ylivoimaisesti nopeimmin kasvava energiantuotantomuoto. Se on saanut jalansijaa globaalin ajattelun muuttuessa. Mikäli esimerkiksi Suomeen aiotut rakennushankkeet toteutuvat, tuulivoiman tällä hetkellä suhteellisen mitätön merkitys energiantuotannossa tulee kasvamaan valtavasti. Kysyntä avaa uusia ovia uusille voimalavalmistajille sekä myös alihankkijoille.

Tuulivoimalassa jäähdytysjärjestelmän likaantuminen heikentää jäähdytystehoa, mikä aiheuttaa ylikuumenemista ja sitä kautta kalliita tuotantokatkoksia. Puhdistusoperaatiolla saadaan järjestelmille lisää käyttöikää, mutta myös säästetään kustannuksissa. Yhteenvetona voidaan siis sanoa, että huonoin vaihtoehto on unohtaa huoltotoimenpiteet ja käytännössä odottaa, että kalliit komponentit rikkoutuvat tai että energiantuotanto katkeaa ylikuumenemisen vuoksi.

Tulisi myös miettiä, tarvitaanko tuulivoimalassa välttämättä propyleeniglykolia lämmönsiirtonesteinä. Perinteinen monoetyleeniglykoli on lämmönsiirtokyvyltään ja pakaskestoltaan tehokkaampaa ja hinnaltaan edullisempaa. Ympäristövahingon todennäköisyys on näiden jäähdytyspiirien kohdalla todella vähäinen, ja mikäli onnettomuus sattuisi, järjestelmät ovat kuitenkin tilavuuksiltaan niin pieniä, ettei isoa vahinkoa pääsisi syntymään. (International Chemical Safety Cards 1993 & 2005)

On totta, että monoetyleeniglykoli on ihmisen terveydelle haitallisempaa kuin propyleeniglykoli. Kuitenkin ympäristölle nämä aineet ovat käyttöturvatieidotteidensa mukaan käytännössä yhtä vaarallisia. (International Chemical Safety Cards 1993 & 2005) Ympäristöystävällisyyden nimissä käyttöön valitun propyleeniglykolin käytön järkevyyttä tulisi siis harkita uudelleen. Kaikissa asioissa on tietenkin aina hyvät ja huonot puolensa.

Opinnäytetyön tekeminen sujui pääpiirteittäin mallikkaasti ja suunnitellusti. Tärkeitä mielipiteitään ja kehitysideoitaan pääsivät kertomaan myös huoltotöiden suorittajat. Teoreettisempi osuus kirjoitettiin ja koko työ saatettiin valmiiksi marraskuun 2012 ja tammikuun 2013 välillä.

Voimaloiden huoltotöissä kohdattiin mitä laajin kirjo erilaisia ongelmia, joista aina toki selvittiin. Ongelmat olivat opinnäytetyölle ensiarvoisen tärkeitä, sillä nyt työohjeosuu-teen saatiin myös paljon käytännön kokemuksen tuomaa tietoa siitä, mikä voi mennä vikaan ja mikä menee vikaan useammin kuin jokin toinen asia. Kun voimalahuoltoja tehtiin lukumääräisesti paljon, pieniä asioita pystyi myös kehittämään työturvallisuuden ja itse työsuorituksen jouhevuuden parantamiseksi. Menetelmässä on melko paljon muistettavaa, mutta toiston kautta sen toki oppii. Kun työn on tehnyt joitakin kertoja, siitä tahtoo tulla jo automaattista. Tässä piilee oma vaaransa, sillä keskittymisen herpaantuessa saattaa työturvallisuus unohtua tai jokin tärkeä työvaihe tulla tehtyä puutteellisesti. Menetelmää tietenkin kehitetään edelleen.

LÄHTEET

KL-Lämpö 1999. Glykoliliuosten pitoisuuksien suhde taitekertoimeen. PDF-asiakirja.

KL-Lämpö 1999. Etyleeniglykoli tai Propyleeniglykoli / Vesi-liuoksen lämmönjohtokyky W/mk. PDF-asiakirja.

Nieminen J. 2004. MPG- ja MEG-liuosten pakkasenkesto. PDF-asiakirja.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2012. Uutiset. Luettu 29.12.2012.
<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/uutiset>

Tuulivoimatieto-sivusto 2009. Miksi tuulivoimaa? Suomen tuulivoimayhdistys ry. Luettu 3.12.2012. http://www.tuulivoimatieto.fi/miksi_tuulivoimaa

Tuulivoimatieto-sivusto 2009. Tuulivoima Suomessa ja maailmalla. Suomen tuulivoimayhdistys ry. Luettu 10.12.2012. http://www.tuulivoimatieto.fi/suomi_maailma

Tuulivoimatieto-sivusto 2009. Tuet Suomessa. Suomen tuulivoimayhdistys ry. Luettu 10.12.2012. http://www.tuulivoimatieto.fi/tuet_suomessa

Suomen Tuulivoimayhdistys ry. 2009. Teollinen tuulivoima. Luettu 7.12.2012.
<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/teollinen>

Ilmatieteen laitos 2012. Pakkasen purevuus -taulukko. Luettu 2.1.2012.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/pakkasen-purevuus-taulukko>

Gipe, P. 2012. Wind Energy -- The Breath of Life or the Kiss of Death: Contemporary Wind Mortality Rates. Wind-Works -sivusto. Luettu 11.12.2012. <http://www.wind-works.org/articles/BreathLife.html>

Tarasti L. 2012. Tuulivoimaa edistämään, 8-15. Työ- ja elinkeinoministeriö.
http://www.tem.fi/files/32699/Tuulivoimaa_edistamaan_A4_lop.pdf

Chem-Aqua 2011. Guidelines for Selecting and Maintaining Glycol Based Heat Transfer Fluids. Luettu 25.12.2012.

http://www.chemaqua.com/downloads/cases/Glycol_WP.pdf

International Chemical Safety Cards (WHO, IPCS/ILO). Ethylene glycol 2005, Propylene glykol 1993. Luettu 3.1.2012. <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html>